

# A fizikatankönyvek fogalmai

BONIFERT DOMOKOSNÉ

*Munkahelyemen, a Juhász Gyula Tanárképző Főiskola Fizika Tanszékén az 1970-es évektől kezdődően folynak tantárgypedagógiai kutatások. Kezdetben 6-10 éves korú tanulók természettudományos ismereteinek oktatását tanulmányoztuk. 1975-től a felsőtagozatos fizikatankönyvek megírásához kezdtünk. Tanulmányomban e munka néhány tantárgypedagógiai vonatkozásáról kívánok szólni különös tekintettel a fogalomalkotásra.*

## A módszerekről

Az alsótagozatos kísérletek kutatási eredményei meghatározták azt az alapot, melyre a felsőtagozatos fizika fogalomhalmaza épülhet.

Munkánk során szisztematikusan tanulmányoztuk a fizikán belüli fogalomrendszerek gyors és sikeres elsajátításához szükséges gondolkodási műveleteket, valamint a meghatározott program szerint történt tananyagfeldolgozás közben a tanulók intellektuális fejlődését. A kísérleti tankönyvek alkalmazásakor sok száz órás hospitálást végeztünk. Kísérleti iskoláinkban úgy szerveztük meg a munkát, hogy ugyanazon tananyagrészek tanítását minél több helyen tanulmányozhassuk. A különböző helyeken, különböző módszerekkel végzett megfigyeléseinkben elsősorban a megértést és a fogalomalkotást vizsgáltuk, hangsúlyt fektetve a problémamegoldó gondolkodásra is.

Végeztünk felejtésvizsgálatokat, melyek jobbra a tankönyvek munkáltató részeinek alkalmas vagy alkalmatlan voltát voltak hivatva igazolni.

A tankönyvek fogalmi struktúrájáról szólva megállapításaimat a következő tevékenységek támasztják alá:

- tankönyvírói munkák tapasztalatai;
- oktatási folyamatok célirányos megfigyelése;
- feladatlapok és tesztlapok eredményeinek értékelése;
- tanulók részletes kikérdezése szóban és írásban;
- oktatási kísérletek végzése;
- összehasonlító vizsgálatok külföldi és hazai tankönyveink vonatkozásában.

A fogalmi struktúrák feldolgozását segítő, elemző módszerek egyike sem tekinthető speciálisnak, együttesen alkalmazva mégis regisztrálhatóvá tették a lényeges összefüggéseket, folyamatokat. Ez a tapasztalatgyűjtés igazolt bizonyos törvényszerűséget, feltárt normatívákat a 10-14 éves korban történő fizikai fogalomalkotással kapcsolatban, lehetővé téve a javaslattevést is a tankönyvi feldolgozásokat, később a tankönyvi átdolgozásokat illetően. Az említett differenciált módszereket komplex módon alkalmaztuk, ezért nem állóképszerűen tájékoztattak a fejlődés stádiumairól, hanem folyamatában, mi több fejlődésében szemléltették a fogalmi struktúrák alakulását.



A tankönyvi feldolgozás során természetesen szem előtt tartottunk bizonyos rendezőelveket, melyek kialakításában a következő tevékenységek nagy segítségünkre voltak.

A fizikatanítással kapcsolatos előbbrelépés megkívánta, hogy *összevegyük* az 1962-es tanterv pozitívumait és negatívumait az 1978-as reformtantervvel. A legszembetűnőbb különbség, hogy az 1962-es tanterv ismeretközpontú fizikatanterv volt, az utóbbira pedig a képességfejlesztő jelző illik. Ez nagymértékben befolyásolta a tankönyvek által sugalmazott munkáltató módszer alkalmazását, ami pedig a tankönyvi szerkezetet, feldolgozást determinálta. Szükség volt a rendelkezésünkre álló tapasztalatok *analízisére*, ezért részleteiben átvizsgáltuk azokat a standardizált témazáró tesztek, amelyek az 1962-es tanterv szerinti fizikaoktatás hatékonyságát értékelték. Elvégeztük a régebbi hazai általános iskolai fizikatankönyvek fogalmi rendszerének körültekintő vizsgálatát is, összevetettük megállapításainkat a nemzetközi tapasztalatokkal. Az elméleti módszernek nevezhető munkálkodások utolsó fázisát az 1978-as fizikatanterv és követelményrendszer pontos és részletes megismerése képezte.

A tankönyvírással kapcsolatos empirikus módszerek sorából kiemelnénk azokat a célirányos hospitálásokat, melyek mint a legrégebben alkalmazott kutatási módszerek reprezentánsai, sok hasznos információt szolgáltattak. Megfigyeltük például, hogyan építhetünk azokra a prefizikális ismeretekre, melyeket az alsótagozatos környezetismeret oktatás révén hoznak (vagy nem hoznak) magukkal a tanulók. Vizsgáltuk, hogy az általunk megtervezett tények és általánosítások rendszere mennyiben alkalmazható a gyakorlatban. Elemeztük egy-egy anyagrész logikai felépítését az érthetőség, taníthatóság szempontjából.

Az oktatás folyamatában figyeltük meg a tanítandó fogalmak szemléletességét, pontosságát, elsajátíthatóságát, járulékos fogalmi rendszerét, egyértelműségét, fejlődőképességét stb. Felmértük, regisztráltuk és elemeztük azokat az előforduló megállapításokat, melyeket egy-egy jelenség várható eredményeként helytelenül jósoltak meg a tanulók. Ilyen volt például a súrlódási erő fogalomköre, akció-reakció törvényének értelmezése stb. Nyilvánvaló, hogy ezekben az esetekben különös gonddal kellett összeállítani a tankönyv munkáltató részének anyagát.

A tankönyvírással kapcsolatos kutatási módszerek sorában jelentős szerepet játszottak a kísérleti tanítások. Ezek között voltak átfogó jellegű oktatási kísérletek, melyekkel például a tantárgyi integrációt, a fogalmi rendszerek egymásraépülését vizsgáltuk. Voltak részlegesen átfogó jellegű tanítási kísérletek, amelyek a tankönyvi részletek kipróbálását és elemzését célozták. Külön csoportot képeztek azok az *összehasonlítások*, melyeket ugyanazon tananyagrészek különböző módszerekkel történő tanítása után végeztünk.

A többféle módszer eredményét a tankönyvírás és átírás fázisaiban alkalmaztuk, de a felszínre hozott tények egy részén még napjainkban is dolgozunk. Ezek az ismeretek alapozták meg például a fizika tankönyvcsalád legújabb tagjának, a "Fizikai kísérletek és feladatok általános iskolásoknak" című kötet szerkezetét is.

### *Az általános iskolai fizikatankönyvek fogalmi struktúrájáról*

Egy-egy tantárgy fogalmi struktúráját vizsgálva legalább háromféle utat követhetünk:

1. a tananyag struktúráján a fogalmak rendszerét értjük;
2. a tananyag struktúráján az elsajátításhoz szükséges gondolkodási műveletek rendszerét értjük;
3. a tananyag struktúráján az ismeretek kódolásának rendszerét értjük.



Munkánkban a fogalmi rendszer problematikáját tekintjük most mérvadónak. Ezért a fogalmak közötti kapcsolatokat helyezzük megállapításaink középpontjába. A tantervet bármennyire is gondosan állítják össze, nem határozza meg egyértelműen a tanulók számára elsajátítandó tudományos információk terjedelmét. A téma felsorolása még nem adja meg a tantárgyhoz tartozó tudományos ismeretek teljes terjedelmét (életkori szintnek megfelelően). Ezt a terjedelmet egyértelműen csak a tankönyvek határozzák meg. Többek között ezért kellett nagyon körültekintően, fokozatosan kiépíteni az ismeretek rendszerét. A tankönyvekben realizálódnak a jelenségek közötti összefüggések, s ezáltal bennük jelenik meg a tananyag logikai struktúrája.

A tantervet és a követelményrendszert tanulmányozva nem találtunk utalásokat szkémák kialakítására, pusztán a fogalmaktól és kívánatos elsajátítási szintjükről adnak felvilágosítást. Ebből a tényből következik, hogy ugyanahhoz a tantervhez igen különböző szerkezetű párhuzamos tankönyvek íródhattak (pl. Fizika 6. 617/Mt; Fizika 6. 601/Mt).

Mivel a tanterv nem sorolja fel valamennyi, az adott témakör elsajátításához szükséges fogalmat, a tankönyvek irányultsága a kiegészítő fogalomhalmaztól és a fogalmak kapcsolódásaitól is függ.

Tudjuk, hogy bármely fogalomnak két funkcionális módja van: extenzionális és intenzionális. Míg a tantervkészítéskor a fogalmak extenzionális, tehát tárgyi vonatkozásai dominálnak, addig a tankönyvíráskor az intenzionális mód is kellő hangsúlyt kell, hogy kapjon. Egy-egy fogalom azután "élete során", további intenzionális megerősítést kap. Ezáltal válik egy fogalom egyénivé, épül be az egyén fogalmi halmazába.

Fizika tankönyveink a fogalmak elsajátítását azáltal is hatékonyabbá kívánják tenni, hogy fokozott hangsúlyt kaptak a fogalmi struktúrák. Kísérleti tanításaink is igazolták, hogy ez a tananyagfeldolgozás a kevésbé jó képességű tanulók munkáját is megkönnyíti. Az alapelvek megértése tartalmasabbá teszi a tananyagot, a struktúrába illeszkedés megkönnyíti az emlékezetbevésést és megőrzést, az extenzionális és intenzionális megjelenések integrációját. E struktúra megértés jó alap a tanultak új jelenségekre való alkalmazásához, a transzferhez is. Fischbein gondolataira hivatkozunk: "Mit jelent érteni? – Érteni annyit jelent, hogy egy struktúrába integrálunk. Például, hogy megértsünk egy idegennyelvű mondatot, nem elég ismerni a szavak értelmét, a megértéshez meg kell ragadnunk az alapgondolatot. A megértés annál mélyebb és teljesebb, minél teljesebb az integráció. Ez azt jelenti, hogy egy definíció vagy tétel megértéséhez át kell fogni annak a fogalmi építménynek nagy részét, amelyhez tartozik. Ahhoz, hogy a fogalmakat késedelem nélkül, helyesen és hatékonyan alkalmazni tudjuk, potenciálisan mindig jelen kell lennie az egész fogalmi építménynek."

Ha a tananyag informativitását fokozni akarjuk, ugyanakkor a tankönyvek terjedelmét csökkenteni szeretnénk, a struktúra minél racionálisabb kialakítására kell törekednünk. A fizika tankönyvek vonatkozásában például megkülönböztethetünk direkt és indirekt módon megjelenő fogalmakat. A megtanulandó szövegrészben szerepelnek a direkt módon megjelenő fogalmak (a tankönyvben szövegtördeléskor ezek a lapok bal oldalára kerültek), a megtanulandó fizikai ismereteket segítő fogalmak az indirekt módon megjelenők. E két csoport közötti relációk meglelése, megfigyelése, megértése teszi lehetővé a viszonylag stabil fogalmi struktúra megformálását.

### *A fogalmi háló a fizikai fogalmak struktúrájában*

A fentiek szemléltetésére alkalmasnak véltük egy fogalmi háló elkészítését. A hálón csak egy egyszerűbb, kevésbé univerzális struktúra ábrázolására vállalkozhatunk e helyen, de megjegyezzük, hogy munkánkhoz egy részletes fogalmi hálót is készített-



tünk, melynek a tankönyvek átírásakor is nagy hasznát vettük.

A fizikai fogalmaktól alkotott háló elkészítését megelőzően, tematikusan csoportosítottuk a fogalmakat aszerint, hogy a fizika mely területéhez tartoznak, s a tantervi előírások értelmében mely életkorban kell elsajátíttatnunk ezeket. E körültekintés megkönnyítette a tankönyvi szövegformáláskor az extenzionális és intenzionális fogalmak hangsúlyozásának arányosítását.

Célszerűnek látszott a fogalmak között egy olyan tömbösítést végezni, melynél vertikálisan az életkor szerinti, horizontálisan a tematikus elrendezés volt a mérvadó.

6. o s z t á l y	M E C	H Ő T A N	E L E K T R O M O S S Á G T A N
7. o s z t á l y	H A N I		
8. o s z t á l y	K A		

1. ábra

Az ábra értelmében is megállapítható, hogy a három év tananyagát négy témakörbe sorolhatjuk:

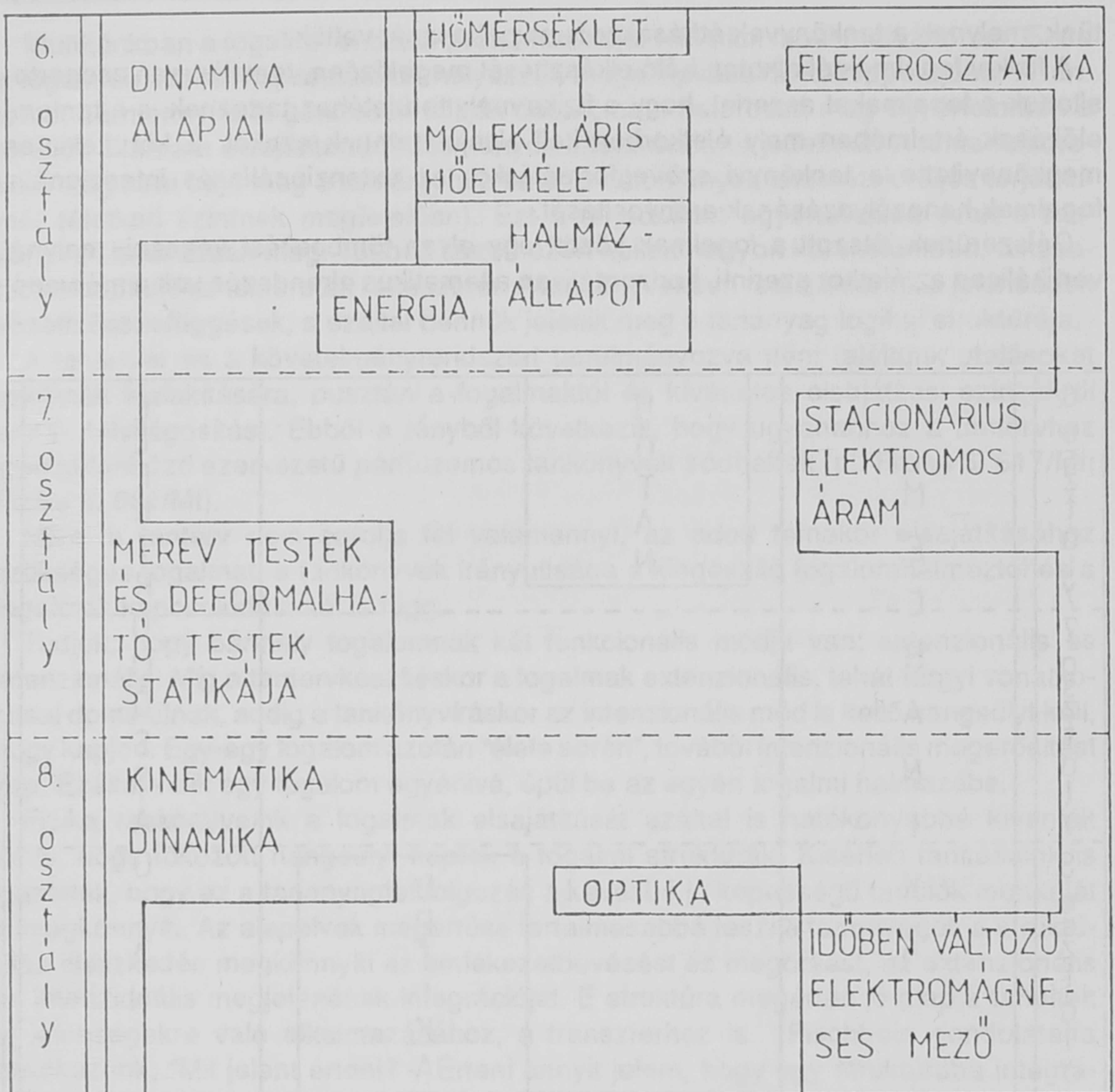
- I. Mechanika
- II. Hőtan
- III. Optika
- IV. Elektromosság.

Ez a tagolás egészen megszokott. Szemben viszont az eddigi tananyagfeldolgozásokkal ez a négy téma nem követi egymást az egyes osztályokban, hanem paralel kerül feldolgozásra.

A 6. osztályos tankönyv anyaga mutatkozik ilyen értelemben legheterogénebbnek, ami a fogalomorientált tananyagfeldolgozásban törvényszerű, hiszen itt kell megalapoznunk azokat a fizikai fogalmakat, melyek nélkül a továbblépés lehetetlen.

A több fogalom csekélyebb ismerete teszi lehetővé sok-sok fizikai jelenség tartalmasabb tárgyalását. Azért kerültek például az anyagszerkezeti ismeretek már 6. osztályban feldolgozásra, hogy számos esetben a jelenségszerű leíráson túl, ok-okozati kapcsolatokat világíthassunk meg.

A tanításra kerülő "fogalmi tömböket" elemezve a következő "fogalomblokkokat" kaptuk:



2. ábra

E fogalomblokkok elemzésekor fellelhetjük a fogalmak folyamatos érlelésének lehetőségét, hiszen egy-egy témakör időbeni széthúzása (12 éves életkortól 14 éves életkorig), a tárgyalás spirális felépítésének kedvez. A blokksémát fokozatosan lebontva, fogalmi hálóba vihetjük át. A hálón a csomópontokba először az egyes témák domináns fogalmait helyeztük, melyek az esetek többségének genus proximumként kezelhetők. (3. ábra)

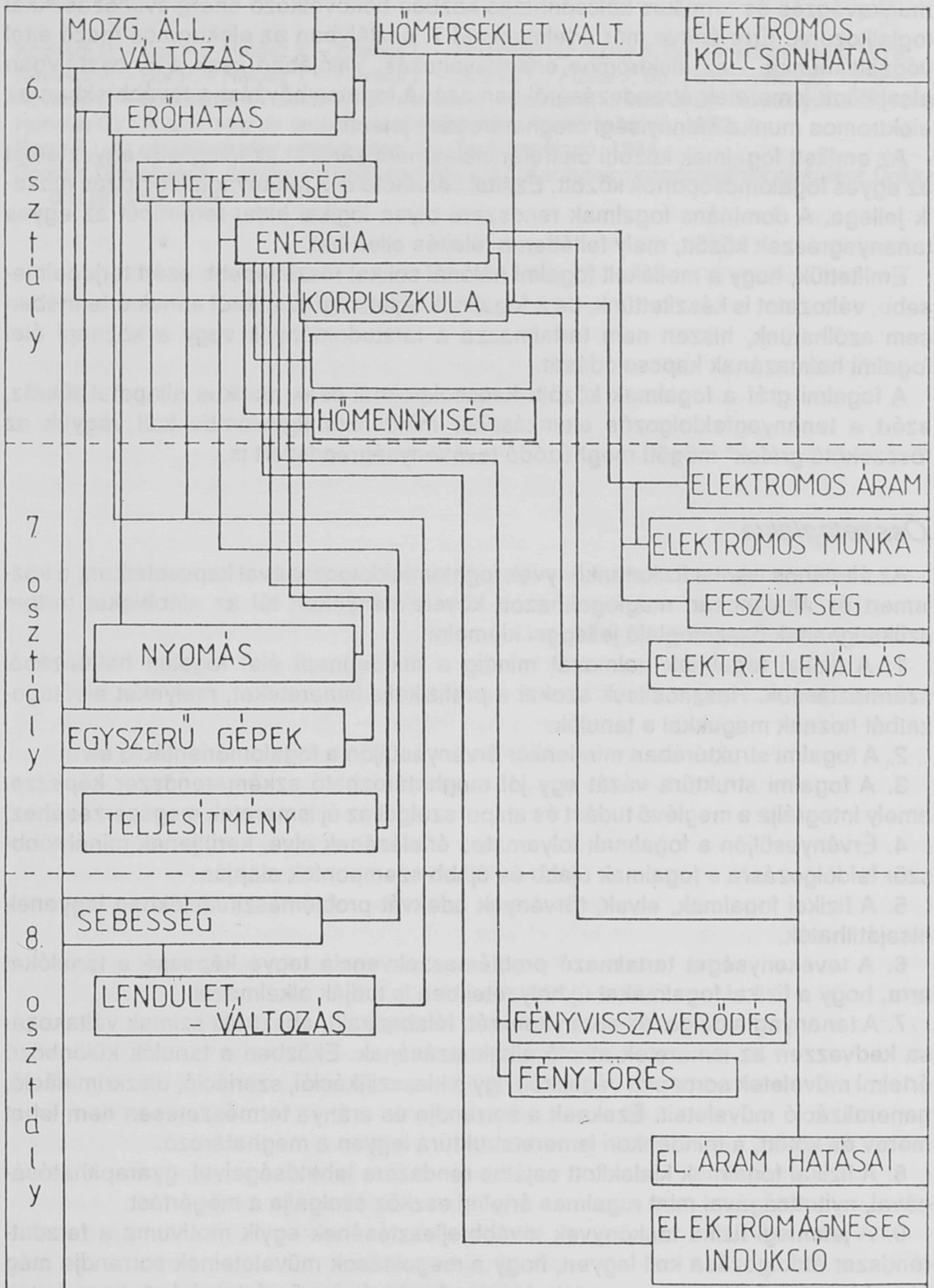
A fogalomrendszer ilyenformájú feldolgozása progresszív differenciálásra adott lehetőséget. A fizika legáltalánosabb és legátfogóbb fogalmait kiemelve, a fogalmak között differenciálva történt a tananyagfeldolgozás, lehetőséget teremtve a későbbi részletezésre, specializálásokra is. Például:

- A energia általános fogalma leíró jelleggel a 6. osztályban.
- Az elektromos mező energiájának értelmezése 7. osztályban.
- A mozgási energia fogalmának tanítása 8. osztályban.

A fény, mint energiahordozó anyag – értelmezése 8. osztályban.

A 6. osztályban első megközelítésre csak annyit vétetünk észre a tanulókkal, hogy az energia fizikai mennyiség, amellyel az anyagi valóság egyik tulajdonságát, képességét mennyiségileg jellemezhetjük. Ezt a képességet szokás kölcsönhatóképességnek, változást létrehozó képességnek is nevezni. Felismertetjük, hogy zárt rend-





3. ábra

szerben, a rendszert alkotó testek közötti kölcsönhatások miatt, a rendszerben energiaváltozások mehetnek ugyan végbe, de ezeknek az energiaváltozásoknak a mérlege mindig zérus. Ez azt jelenti, hogy a rendszer egyik tagjánál fellépő energia-csökkenésekkel egyidejűleg ugyanakkora energianövekedés lép fel valahol a rendszerben. Részletesebben 6. osztályban csak a kísérletekkel is jól demonstrálható



munkavégzés és termikus kölcsönhatás közben bekövetkező energiaváltozásokkal foglalkozunk. Erre építve már értelmezhető 7. osztályban az elektromos mező által végzett munka – az elektromos energiaváltozás. Valójában csak a 6. osztályban elsajátított ismeretek átrendezéséről van szó. A fogalombővítést a továbbiakban az elektromos munka mennyiségi meghatározása jelenti.

Az említett fogalmak közötti differenciálás nem zárja ki az integratív egyeztetést az egyes fogalomcsoportok között. Ezáltal kerülhető el a tananyagfeldolgozás mozaik jellege. A domináns fogalmak rendszere olyan logikai hidat teremthet az egyes tananyagrészek között, mely feltétlen a felejtés ellen hat.

Említettük, hogy a mellékelt fogalmi hálónál sokkal részletesebb ezért terjedelmesebb, változatot is készítettünk, de a fogalmak fejlettségi szintjéről ennek értelmében sem szólhatunk, hiszen nem tartalmazza a társtudományok vagy a köznapi élet fogalmi halmazának kapcsolódását.

A fogalmi gráf a fogalmak közötti kapcsolatoknál csak statikus állapotot tükröz, ezért a tananyagfeldolgozás elemzésekor mindenkor figyelembe kell vegyük az "összekötő gráfok" mögött meghúzódó tevékenységrendszer is.

### *Összefoglalva*

Az általános iskolai fizikatankönyvek fogalomfeldolgozásával kapcsolatban, a közismert és általánosan megfogalmazott követelményeken túl az alábbiakat tartom szükségesnek összefoglaló jelleggel kiemelni:

1. A fizikai fogalmak halmazát mindig a mindennapi élet fogalmi halmazából származtassuk. Hasznosítsuk azokat a prefizikális ismereteket, melyeket alsótagozatból hoznak magukkal a tanulók.

2. A fogalmi struktúrában mindenkor érvényesüljön a fogalomorientáció elve.

3. A fogalmi struktúra vázát egy jól meghatározható skémarendszer képezze, amely integrálja a meglévő tudást és alapul szolgál az új ismeretek megszerzéséhez.

4. Érvényesüljön a fogalmak folyamatos érlelésének elve, kerüljenek minél többször feldolgozásra a fogalmak újabb és újabb szempontok alapján.

5. A fizikai fogalmak, elvek, törvények adekvát problémaszituációkban legyenek elsajátíthatók.

6. A tevékenységet tartalmazó problémaszekvencia tegye képessé a tanulókat arra, hogy a fizikai fogalmakat új helyzetekben is tudják alkalmazni.

7. A tananyagfeldolgozás során konkrét, félabsztrakt, absztrakt szintek váltakozása kedvezzen az ismeretek alkotó alkalmazásának. Eközben a tanulók különböző értelmi műveletek sorozatát végezzék, így a klasszifikáció, szeriáció, diszkrimináció, generalizáció műveleteit. Ezeknek a sorrendje és aránya természetesen nem lehet merev és kötött, a mindenkori ismeretstruktúra legyen a meghatározó.

8. A fizikai fogalmak kialakított sajátos rendszere lehetőségeivel, gyarapíthatóságával, nyitottságával mint rugalmas értelmi eszköz szolgálja a megértést.

9. A jelenlegi fizika tankönyvek továbbfejlesztésének egyik motívuma a feladatrendszer átdolgozása kell legyen, hogy a megoldások műveleteinek sorrendje még élesebben szolgálja az ismeretstruktúrát. Az értelmi műveletek lehetséges fajtáit megismerve és elsajátítva, ha lehet algoritmusként alkalmazzák azokat a fizikai megismerés folyamatában a tanulók.

Ezek az elméletinek tűnő megállapítások azokat a fejlesztési perspektívákat fogalmazzák meg, amelyek véleményem szerint jelenlegi fizikaoktatásunk kiaknázható lehetőségei.

## IRODALOM

- Kövesdi P. – Bor P. – Halász T. – Kovács L. – Miskolcziné: *Fizika 6.* Bp. Tankönyvkiadó, 1978.  
Kövesdi P. – Bor P. – Halász T. – Kovács L. – Szántó L.: *Fizika 7.* Bp. Tankönyvkiadó, 1979.  
Kövesdi P. – Bonifertné – Halász T. – Miskolcziné – Szántó L.: *Fizika 8.* Bp. Tankönyvkiadó, 1980.  
Horváth Gy.: *A tananyag és tankönyv struktúrája.* Bp. Tankönyvkiadó, 1972.  
Nagy S.: *Az oktatáselmélet alapkérdései.* Bp. Tankönyvkiadó, 1984.  
Bonifert Domokosné: *Általános iskolás korú tanulók fizikai fogalomrendszerének alakulása.* Doktori disszertáció. 1986.